

Impact de l'interopérabilité sur la modélisation des équipements pour la téléconduite des postes¹

Ivan Maffezzini¹, Bernardo Ventimiglia²

¹Département d'informatique, UQAM C.P. 8888, succ. centre ville,
Montréal, Canada H3S 3P8. E-mail: Maffezzini.Ivan@uqam.ca

² Institut Trempet, UQAM C.P. 8888, succ. centre ville,
Montréal, Canada H3S 3P8. E-mail: Ventimig@labunix.uqam.ca

Abstract: this paper presents some problems and solutions concerning the modelisation of Hydro-Quebec's circuit breakers according to the CEI 618550 standard. After a short description of the logical nodes gravitating around the circuit breakers and a synthesis of the rules which have guided the modelisation, we will briefly present the old system's model. Before the conclusion, the logical nodes which have been chosen will be described in details.

Résumé : dans cette communication, nous présentons quelques problèmes et quelques solutions pour la modélisation selon la norme CEI 61850 des disjoncteurs à Hydro-Québec. Après une brève description des nœuds logiques qui gravitent autour des disjoncteurs et une synthèse des règles qui ont guidé la modélisation, une courte présentation du modèle de l'ancien système est exposée. Avant de conclure, les nœuds logiques retenus sont présentés en détail.

Mots clefs : disjoncteur, IED, interopérabilité, modélisation, nœud logique.

1. MISE EN CONTEXTE

Depuis 1990 Hydro-Québec (HQ) possède un système de téléconduite distribué (ALCID) fondé sur un réseau local de type CSMA/CD avec un protocole de transport ISO 8073 et un protocole d'application maison. Coûts de maintenance perfective trop élevés et difficultés d'intégration d'IED (Intelligent Electronic Device) fabriqués par d'autres manufacturiers sont les faiblesses principales du système. Pour contrer ces faiblesses, en 1999, HQ décide de définir un nouveau système dont les exigences non-fonctionnelles principales étaient l'interopérabilité, la maintenabilité et la pérennité [1]. Cette dernière exigence était engendrée par une contrainte : il était impératif que le vieux et le nouveau système puissent cohabiter pendant quelques années.

Lorsque la planification du nouveau système commence, les seuls travaux concernant l'interopérabilité qui n'étaient pas liés à un constructeur particulier étaient ceux d'EPRI pour UCA 2 et, plus particulièrement, GOMSFE [2]. En 2001, suite à l'étude des premiers *drafts* de la norme CEI 61850 pour la communication dans les postes et suite à la rédaction d'un rapport avec des ébauches de normalisation [3], HQ décida de modéliser la communication dans les installations en respectant la norme CEI 61850. Dès le départ, il semblait évident que la norme CEI « absorberait » GOMSFE. Une spécification des exigences de communication avec modélisation des équipements a été par la suite rédigée [4].

Dans cette présentation, nous décrivons les difficultés et les choix de modélisation que nous avons rencontrés dans la modélisation des équipements de coupure et, en particulier, des disjoncteurs.

2 CEI 61850 : NŒUDS LOGIQUES.

CEI 61850 a pour but de normaliser les réseaux et les systèmes de communication dans les postes pour permettre à des IED de constructeurs différents de se partager les responsabilités dans l'exécution des fonctions de contrôle/commande et de protection. La partie 7-4 [5] qui nous concerne ici traite en particulier des nœuds logiques (NL) et des classes de données compatibles.

Du point de vue de l'organisation de la norme et de la modélisation, le concept le plus important est celui de nœud logique (NL). Un NL est la plus petite sous-fonction dotée d'entrées/sorties formellement définies et qui peut traiter des données en provenance d'autres NL. Les NL peuvent résider dans des IED différents ou dans un seul. Lorsqu'ils résident dans des IED différents, les échanges sont effectués à l'aide de piles de protocoles normalisés dont le protocole d'application est mis en correspondance avec la définition abstraite de la partie 7-2 (dans la partie 8-1. en ce qui concerne le réseau d'installation).

Les NL sont modélisés dans la norme comme des classes composées d'objets de base prédéfinis (classes de données communes).

Les NL sont « contenus » dans des dispositifs logiques (DL) dont la seule fonction est de contenir des NL et des fichiers. La norme définit deux NL qui ne sont pas liés aux fonctionnalités des postes (NL0 et NLPH) et qui permettent de connaître l'état de l'IED physique (LNPH) ou de l'ensemble des NL contenus dans le DL (LN0).

Un NL contient :

1. *DataObjects* (les données qui le caractérisent).
2. *DataSet* (des ensembles de données groupées sous un nom pour en faciliter la transmission).

¹ Cette communication doit beaucoup au travail de Pierre Martin et Van Thich Nguyen ingénieurs à Hydro-Québec.

3. *Reports* (des reportages permettant, entre autres, de transmettre des informations non sollicitées).
4. *Logs* (le stockage de données pour une lecture successive).

Pour modéliser les fonctions d'un poste en suivant la norme, il faut donc « construire » les équipements à l'aide de NL et, afin qu'il y ait une vraie interopérabilité, il faut que les NL employés soient ceux de la norme. Mais, étant donné qu'il est impossible de prévoir toutes les fonctions (surtout les fonctions à venir !) les normalisateurs ont laissé une « porte ouverte » en établissant un certain nombre de règles pour ajouter des données à un NL standard, pour ajouter de nouveaux NL et, dans la version de janvier 2003, pour ajouter aussi des classes de données communes. Laisser cette « porte ouverte » implique, bien sûr, que l'interopérabilité soit affaiblie.

Dans le cadre de la modélisation d'HQ, en partant de trois hypothèses de base, nous avons établi certaines règles et fixé des contraintes pour pouvoir maximiser l'interopérabilité sans trop affecter cependant la pérennité et la maintenabilité. Les motivations des hypothèses, des règles et des contraintes ne seront pas discutées dans cette communication.

3 CADRE DE MODÉLISATION

3.1 Hypothèses

1. Les objets de la modélisation reflètent la structure et les fonctions de l'installation de la manière la plus simple possible, sans se soucier des difficultés de mise en œuvre.
2. Dans un poste, il ne devrait pas exister de données génériques (données dont la sémantique n'est pas complètement définie).
3. L'évolution de la technique et des méthodes d'exploitation peuvent nécessiter de nouvelles fonctions.

3.2 Contraintes

1. Tous les points d'ALCID doivent apparaître dans le modèle.
2. Tous les points des normes d'HQ concernant le contrôle/commande doivent apparaître dans le modèle.
3. Il ne faut prévoir aucun changement de matériel pour faciliter l'adaptation à la norme.

3.3 Règles

Ces règles sont des ajouts aux règles établies dans l'annexe A de [5].

1. Lorsque ALCID contient une donnée qui n'existe pas dans la norme, il faut considérer, dans l'ordre, la possibilité :
 - a. de nouveaux attributs pour des NL existants ;
 - b. la création d'un nouveau NL ;
 - c. l'emploi d'un NL pour des entrées/sorties génériques (GGIO).
2. Le traitement des points obligatoires (M) et optionnels (O) doivent respecter le tableau suivant (dans le tableau, I signifie inexistant) :

Tableau 1 : Données obligatoires versus optionnelles

C E I	AL CI D	Fut ur	Commentaire
M	M	M	Situation idéale.
M	O	M	
M	I	M	La donnée doit être créée.
O	M	M	
O	O	O	Situation idéale.
O	I	?	Du cas par cas, avec une préférence pour I pour diminuer les paramètres.
I	M	M	Attribut ou NL.
I	O	O	Attribut ou NL.
I	I	?	Comme pour O I précédent mais avec une encore plus grande propension pour I.

D'autres règles assez spécifiques concernant le groupement des points d'entrée/sortie ont été créées [5].

4 DISJONCTEURS DANS CEI 61850

Les NL qui concernent les fonctionnalités des disjoncteurs (sans considérer les reportages, les logs et les protections) sont :

XCBR : il s'agit du NL principal, celui qui donne l'état du disjoncteur et permet la commande. Dans une architecture avec deux réseaux locaux (un pour l'installation et l'autre pour le champ), les instances de XCBR résident dans l'IED « à côté » du disjoncteur sur le réseau du champ.

SIMG : NL secondaire pour les mesures et les alarmes du médium d'isolation à gaz.

SIM : NL secondaire pour les mesures et les alarmes du médium d'isolation liquide (généralement huile).

SARC : NL secondaire pour la supervision et les diagnostics des arcs. Cette fonctionnalité n'est pas actuellement réalisée à HQ.

SPDC : NL secondaire pour la supervision et les diagnostics des décharges partielles. Cette fonctionnalité n'est pas actuellement réalisée à HQ.

CSWI : NL pour la commande des appareils de coupure. Dans une architecture à deux niveaux, contrairement aux NL de type X__, les instances de CSWI résident dans un IED sur le réseau d'installation.

CILO : NL pour l'interblocage.

GGIO : NL pour les entrées/sorties du procédé qui ne peuvent pas être associées aux autres NL à cause de leur généricité.

Tous ces NL sont dérivés du NL de base qui contient quatre informations obligatoires concernant le mode de fonctionnement, l'identification et l'état de santé du NL. Ces informations sont sans intérêt pour la modélisation des équipements, car elles sont, tout simplement, un support pour la bonne gestion du réseau d'IED.

5 DISJONCTEURS : MODÈLE D'ALCID

Dans ALCID, on a neuf (9) types différents de disjoncteurs organisés en une hiérarchie à quatre (4) niveaux. Les discriminateurs entre les types, pour les disjoncteurs monopolaires, sont : *connexion aux IED, seulement signalé, monopolaire*. Un disjoncteur monopolaire a vingt-neuf (29) attributs de type booléen, un (1) attribut de type « double bit » à seule lecture et un attribut de type « double bit » à seule écriture (commande de fermeture/ouverture). Parmi ces points, il y en a qui sont :

1. des alarmes des protections ;
2. des points d'une unité de commande interposée entre l'IED de commande et le disjoncteur (UFC) ;
3. des alarmes du disjoncteur ;
4. des signalisations de provenances diverses ;
5. des informations internes à l'IED (« logiques ») concernant l'état de la commande du disjoncteur.

La modélisation est très « primitive » dans le sens que le disjoncteur est vu comme un ensemble de points indifférenciés du point de vue du procédé (excepté monopolaire et tripolaire) mais, par contre, fort différenciés du point de vue de l'acquisition du système de contrôle/commande. Ceci étant le résultat d'une modélisation pilotée par les besoins du système à développer plutôt que par la structure et les fonctions des équipements du procédé.

La question principale qui se pose pour modéliser les disjoncteurs selon la norme CEI-61850 est la suivante : comment structurer ces trente (30) informations de manière à ce que ce soit le procédé et non le système à développer qui pilote l'approche ? Avant de présenter la réponse que nous avons donnée à HQ, il est important de dire qu'il est possible de modéliser toutes les informations comme des GGIO : on aurait donc dans l'IED trente (30) instances de GGIO pour chaque disjoncteur ce qui, au lieu d'être un pas en avant par rapport à ALCID, serait un pas en arrière... en arrière avec le *nihil obstat* de CEI, mais pourtant, en arrière !

6 « RÉMODÉLISATION » DES DISJONCTEURS D'ALCID

Avant de présenter la modélisation, il faut dire qu'HQ a choisi, ce qui a un impact certain sur la modélisation, de ne pas considérer, dans une première phase, les IED de protection. Dans ce cadre restreint, le premier choix a été d'éliminer les NL de la norme responsable des fonctions qui n'existent pas à HQ ou dont on ne prévoit pas la mise en œuvre au cours de la prochaine décennie. Par rapport à la liste présentée au point 4, nous avons éliminé SARC et SPDC. En ce qui concerne les mesures de SIMC et de SIML, étant donné qu'elles sont optionnelles dans la norme et inexistantes dans ALCID, nous avons appliqué de manière conservatrice la règle du tableau 1 et nous ne les avons pas retenues.

Étant donné qu'il n'existe pas de réseau de procédé et que le nouveau système concerne seulement la

commande, il aurait été possible de ne pas introduire XCBR et de considérer seulement CSWI. Même si ce choix aurait pu faciliter la modélisation (dans le sens de rapprocher plus ce modèle de celui d'ALCID), en considérant les problèmes de maintenance perfective (dans les prochaines années, dans certaines installations, il y aura sans doute des disjoncteurs avec leur IED connecté sur un réseau de procédé) nous avons gardé XCBR.

NOTE : dans tout ce qui suit, on ne considère pas les quatre attributs du NL de base parce qu'ils ne concernent pas les fonctionnalités liées au procédé.

6.1 INFORMATIONS DE LA NORME

XCBR a six (6) attributs obligatoires et six (6) attributs optionnels. Les six optionnels sont inexistantes dans ALCID et donc ils ne sont pas considérés. Sur six attributs obligatoires, deux seulement existent dans ALCID (*Loc* et *Pos*) et sont modélisés. Les cinq autres attributs auront *Mod.stVal=OFF* dans chaque instance. Théoriquement, pour un disjoncteur monopolaire, il existe une instance par phase mais, à HQ, à cause de l'électronique d'interface entre l'IED de commande et le disjoncteur, tous les disjoncteurs sont vus comme des disjoncteurs tripolaires. Selon notre approche, on aura donc une seule instance qui résidera dans l'IED de commande. Ce choix de modélisation est une conséquence de la contrainte 3 (sec. 3.1).

CSWI a un (1) attribut obligatoire et sept (7) attributs optionnels. L'attribut obligatoire (*Pos*) existe dans ALCID. Seul *Loc*, parmi les sept (7) attributs optionnels, est conservé. *PosA*, *PosB* et *PosC* ne sont pas retenus à cause de la « vue tripolaire » des disjoncteurs monopolaires dont on a parlé à propos de XCBR.

SIMG a un (1) attribut obligatoire, quatre (4) sont optionnels « purs » tandis que, parmi les trois optionnels, au moins un (1) doit être présent. Trois attributs ont été retenus.

SIML a un (1) attribut obligatoire, seize (16) sont optionnels « purs » tandis que, parmi les trois autres optionnels, au moins un (1) doit être présent. Un seul attribut a été retenu.

6.1 Informations « spéciales » d'HQ

Après avoir introduit les quatre NL standard, il nous reste à « placer » vingt-deux (22) informations. L'approche retenue consiste à essayer de placer les informations dans l'un des quatre NL standard. Pour ce faire, il faut que l'information ait une cohésion élevée avec celles qui sont déjà présentes. Par exemple on essaiera de placer une alarme de gaz dans SIMG avant de créer un NL *ad hoc*.

Deux informations ont été placées dans CSWI : des booléens du vieux système qui donnaient des indications sur l'état et les causes du changement en cours du disjoncteur ; l'une des deux étant l'équivalent des deux conditions « anormales » de *pos.stval*.

Cinq informations concernant principalement de possibles défauts des disjoncteurs ont été placées dans XCBR tandis qu'aucune information spéciale n'a trouvé place dans SIML et SIMG.

On a donc quinze (15) informations supplémentaires pour lesquelles il faut créer un ou plusieurs NL non standard ou bien les considérer comme des GGIO. La règle 3.1.a de la section 3.1 nous empêchant d'employer des GGIO, il a fallu trouver des sous-fonctions ayant une cohésion qui justifiait la création d'un NL. Nous avons introduit deux NL : le premier simule l'interface de commande entre l'IED et le disjoncteur (ECCI) et le deuxième contient les points liés à la protection (EPSW). La figure 1 montre les six NL qui modélisent un disjoncteur HQ (les NL privés sont en gris) :

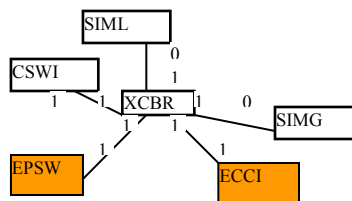


Figure 1 : NL pour disjoncteur HQ

ECCI est un NL qui découle « naturellement » de la structure actuelle de l'unité d'interface de commande externe à l'IED. Cette organisation, tout en respectant la contrainte n°3 (aucun changement du matériel à prévoir) permettra d'enlever facilement toutes les informations de cette interface lorsqu'un réseau de procédé sera introduit ou de la modifier sans que les clients ne s'en aperçoivent. Le choix de EPSW (un seul NL pour tout ce qui concerne la protection des disjoncteurs actuellement traitée par ALCID) est un choix de repli : moins générique que GGIO, mais en même temps avec une cohésion très faible qu'on pourrait qualifier de logique.

7 CONCLUSION

La même approche appliquée aux transformateurs nous a permis de les modéliser sans avoir besoin d'introduire de nouveaux NL. Actuellement, est en cours la modélisation des équipements secondaires qui ne semblent pas réserver de difficultés spéciales.

Nous croyons que notre expérience de modélisation pilotée par les exigences d'interopérabilité nous permet de tirer quelques conclusions assez générales. Ces conclusions ne découlent pas nécessairement de notre présentation, mais sont le « jus » qu'on peut tirer de quelques mois de travail autour de la norme CEI 61850 :

1. La modélisation des équipements devrait être faite par les experts du domaine sans qu'ils se soucient des NLs système et des informations des NLs de base.
2. Il est assez difficile de garder un équilibre entre une approche qui laisser complètement « tomber » le vieux modèle pour être complètement dans l'esprit de la norme CEI 61850 et son opposé qui consiste à maquiller le vieux système avec la norme (toutes les informations comme des GGIO).
3. Le fait que la norme s'applique idéalement à un système avec deux réseaux locaux complique la modélisation là où il n'y a pas de réseau de procédé (ou, au moins, donne l'impression de compliquer).
4. Avons de modéliser, il faut que des règles générales du genre de celles que nous avons établies dans la section 3, soient établies.
5. Une description claire de **toutes** les informations du vieux système doit être faite avant une mise en correspondance avec les informations de la norme (la tendance est de penser que tout est clair et qu'il ne vaut pas la peine de décrire). Le modèle graphique en UML ou dans un autre langage doit être le dernier souci (on est porté trop facilement à penser que la seule chose qui importe, c'est d'avoir un diagramme de classe, surtout pour les experts du domaine qui sont fascinés par l'informatique).

Inutile de dire que l'apprentissage d'une norme comme CEI 61850 demande plusieurs semaines sinon plusieurs mois, mais il vaut la peine d'ajouter que, même si son intégration dans la « philosophie » d'une entreprise est longue et difficile, elle peut donner des retombées positives (comme un approfondissement des vieux modèles) dès le départ.

RÉFÉRENCES

- [1] GTPNA 2, RE-C-99-04: *Rapport final de la phase de planification*, Hydro-Québec, juillet 1999.
- [2] EPRI, *Generic Object Models for Substation & Feeder Equipment (GOMSFE)*, Version 0.91a, 1999.
- [3] I. Maffezzini, P. Martin, V.T. Nguyen, RE-C-2002-04 *Étude de la norme CEI 61850 avec des propositions de modélisation*, TransÉnergie Hydro-Québec, 2002.
- [4] I. Maffezzini, P. Martin V.T. Nguyen, SEF 095 *Réseau de communication d'installation*, TransÉnergie Hydro-Québec, 2003.
- [5] CEI, 57/622/FDIS, IEC 61850-7-4, ed. 1, *Communication networks and systems in substations Part 7-4 : Basic communication structure for substation and feeder equipment – Compatible logical node classes and data classes*, janvier 2003.